

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-091236

(43)Date of publication of application : 09.04.1996

(51)Int.Cl.

B62D 6/00
B62D 5/04
// B62D101:00
B62D119:00

(21)Application number : 06-226739

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 21.09.1994

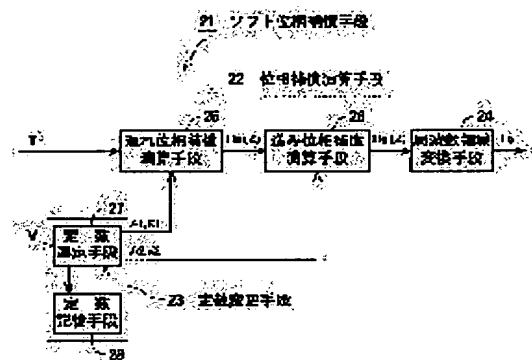
(72)Inventor : NORO EIKI
HIRONAKA SHINJI
MUKAI YOSHINOBU

(54) MOTOR DRIVEN POWER STEERING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a motor driven power steering device which is high in accuracy, excellent in reliability, and can provide a feeling of optimum steering.

CONSTITUTION: There is provided a motor driven power steering device equipped with a soft phase compensation means 21 which is composed of a phase compensation operating means 22 provided with a delayed phase compensation operating means 25, and an advanced phase compensation operating means 26, a constant alteration means 23 provided with a constant selection means 27, and a constant memory means 28, and of a frequency range conversion means 24.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 01.11.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-91236

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 4 月 9 日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 6 2 D 6/00

5/04

// B 6 2 D 101:00

119:00

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-226739

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 9 月 21 日

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号

(72) 発明者 野呂 栄樹

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会社
本田技術研究所内

(72) 発明者 広中 慎司

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会社
本田技術研究所内

(72) 発明者 向 良信

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会社
本田技術研究所内

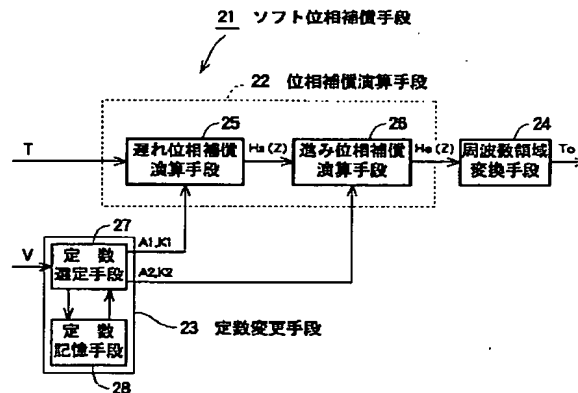
(74) 代理人 弁理士 下田 容一郎 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

高精度で信頼性に優れ、最適な操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を提供する。

【構成】 遅れ位相補償演算手段 25、進み位相補償演算手段 26 を備えた位相補償演算手段 22 と、定数選定手段 27、定数記憶手段 28 を備えた定数変更手段 23 と、周波数領域変換手段 24 とからなるソフト位相補償手段 21 を備えた電動パワーステアリング装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両のステアリング系に作用する操舵トルクを検出する操舵トルクセンサと、前記ステアリング系に補助トルクを与える電動機と、前記操舵トルクセンサから位相補償手段を介して供給される信号に基づいて前記電動機を制御する制御手段とを備えた電動パワーステアリング装置において、
前記制御手段に、ソフトウェアで構成したソフト位相補償手段を備えたことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項2】 前記ソフト位相補償手段は、車速センサが検出した信号に基づいて前記操舵トルクセンサが検出した操舵トルク信号のゲインおよび位相を変更する定数変更手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、電動機の動力を操舵補助力としてステアリング系に直接作用させ、ドライバの操舵力の軽減を図る電動パワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】本願出願人が実開平3-118173号公報で開示したように、従来の電動パワーステアリング装置において、操舵（トルク）センサとコントロールユニットの間に操舵（トルク）センサが検出した信号の位相を補償する位相補償回路を設け、この位相補償回路の定数を車速センサが検出した信号に基づいて変更し、低車速領域において操舵補助力を確保するとともに、高車速領域においてステアリング系に作用する操舵補助力の応答を速くして操舵フィーリングを向上するよう構成されたものは知られている。

【0003】また、従来の電動パワーステアリング装置の位相補償回路は、抵抗（R）およびコンデンサ（C）で構成された一次のCR位相遅れ回路および一次のCR位相進み回路から構成されている。

【0004】従来の電動パワーステアリング装置の構成および動作の概要を説明する。図5に従来の電動パワーステアリング装置の全体構成図、図6に従来の電動パワーステアリング装置の要部ブロック構成図、図7に従来の電動パワーステアリング装置の位相補償手段回路図を示す。

【0005】図5において、従来の電動パワーステアリング装置1は、ステアリングホイール2に一体的に設けられたステアリング軸3に自在継ぎ手4a、4bを備えた連結軸4を介してステアリング・ギアボックス5内に設けられたラック&ピニオン機構6のピニオン6aに連結されて手動操舵力発生手段7が構成される。

【0006】ピニオン6aに噛み合うラック歯8aを備え、これらの噛み合いにより往復運動するラック軸8

は、その両端にタイロッド9を介して転動輪としての左右の前輪10に連結される。このようにして、ステアリングホイール2操舵時には通常のラック&ピニオン式のステアリングを介し、前輪10を揺動させて車両の向きを変えている。

【0007】手動操舵力発生手段7による操舵力を軽減するため、操舵補助力を供給する電動機11をラック軸8と同軸的に配設し、ラック軸8にほぼ平行に設けられたボールねじ機構12を介して操舵補助力を推力に変換してラック軸8に作用させる。

【0008】電動機11のロータには駆動側ヘリカル・ギア11aが一体的に設けられ、駆動側ヘリカル・ギア11aはボールねじ機構12のねじ軸の軸端に一体的に設けられた従動側ヘリカル・ギア12aと噛み合わされている。ボールねじ機構12のナットはラック軸8に連結されている。

【0009】ステアリング・ギアボックス4内にはピニオン6aに作用する手動トルクを検出するための操舵トルクセンサ13、一方、車輪またはエンジンのミッション回転数を検出する車速センサ14を設けるとともに、操舵トルクセンサ13および車速センサ14がアナログの電気信号として検出した操舵トルク信号Tおよび車速信号Vが位相補償手段17に供給され、車速信号Vに対応して位相補償された操舵トルク信号Tが制御手段15に提供される。

【0010】ステアリングホイール2と操向車輪である前輪10とが機械的に連結されており、位相補償手段17から供給される操舵トルク信号Tを制御手段15で処理して得られる電動機制御電圧V_m（例えば、PWM信号）により、電動機駆動手段16（例えば、FETを用いたブリッジ回路）を介して電動機電圧V_eを発生して電動機11がPWM駆動され、ステアリングホイール2の操舵トルク（操舵トルク信号T）および車速（車速信号V）に対応した操舵補助力が得られるよう構成されている。

【0011】図6において、従来の電動パワーステアリング装置1は、操舵トルクセンサ13、車速センサ14、位相補償手段17、目標電流設定手段18および駆動制御手段19を備えた制御手段15、電動機駆動手段16、電動機11から構成される。

【0012】位相補償手段17は位相遅れ回路と位相進み回路から構成され、操舵トルクセンサ13が検出した操舵トルク信号TのゲインGと位相 θ を車速センサ14が検出した車速信号Vに対応して変更し、大きな操舵補助力（ゲインG）は必要とされるが応答性（位相 θ ）は余り問題とならない低車速領域、および操舵補助力（ゲインG）は小さくてよいが速い応答性（位相 θ の遅れなし）が必要とされる高車速領域の双方の操舵性能を満足させ、適切な操舵フィーリングを確保するよう構成される。

10

20

30

40

50

【0013】図7において、ハードで構成された位相補償手段17は、抵抗R1、コンデンサC1およびFET（電界効果トランジスタ）Q1を備えた位相遅れ回路と、抵抗Ra、抵抗Rb、コンデンサCaおよび演算増幅器OP1を備えた位相進み回路とから構成される。

【0014】FET（電界効果トランジスタ）Q1を備えた位相遅れ回路は可変位相補償手段17Aを構成し、FET（電界効果トランジスタ）Q1のドレイン、ソース間抵抗（例えば、Rf）をゲートに供給される車速信号Vcで制御することにより、例えば、車速信号Vcが大きな（高車速領域）場合は抵抗Rfを増加させ、一方、車速信号Vcが小さな（低車速領域）場合には抵抗Rfを減少させてゲインGおよび位相θが調整される。

【0015】一般的に、CR一次の位相遅れ回路（抵抗R1、Rf、コンデンサC1構成）およびCR一次の位相進み回路（抵抗Ra、Rb、コンデンサCa構成）それぞれのs（ラプラス演算子）領域の伝達関数Ha(s)、He(s)は数1で表わされる。

【0016】

【数1】

$$H_a(s) = (s * k_a + 1) / (s * k_b + 1)$$

ただし、

$$k_a = C_1 R_f, k_b = C_1 (R_1 + R_f)$$

$$H_e(s) = (s * k_\alpha + k_\gamma) / (s * k_\beta + k_\beta)$$

ただし、

$$k_\alpha = C_a R_a R_b, k_\beta = R_a + R_b, k_\gamma = R_b$$

【0017】位相遅れ回路および位相進み回路のゲインGならびに位相θの周波数特性は、数1を周波数(f)領域に変換して演算することにより求められる。

【0018】高車速領域では抵抗Rfを大きくすることにより、位相遅れ回路の作用がなくなる（Rfを充分大きな値にすると位相遅れ回路がないのと等価になる）よう設定し、ゲインGは小さいが、位相θ遅れがなくなるよう構成される。従って、高車速領域において、操舵トルクセンサ13からの操舵トルク信号Tと位相補償手段17からの操舵トルク信号T0は等しく（ゲインGおよび位相θが同じ）なり、ステアリングホイール2操作に対応して電動機11からステアリング系に応答の速い操舵補助力が作用するよう構成される。

【0019】一方、低車速領域では抵抗Rfを減少させることにより、位相遅れ回路の特性を充分発揮させ、操舵トルク信号T0は操舵トルク信号Tに対して位相θの遅れはあるが、ゲインGを充分大きな値とすることができ、ステアリングホイール2操作に対応して電動機11からステアリング系に大きな操舵補助力が作用するよう構成される。

【0020】位相進み回路は定数が固定されており、車速信号Vcに無関係に一定の特性を有し、位相遅れ回路で発生する位相θの遅れを進めて補償するよう作用する。

【0021】位相補償された操舵トルクT0は制御手段15の目標電流設定手段18に供給され、目標電流設定手段18は予め設定されている図8の操舵トルク(T0)ー目標電流(Ims)特性図に基づいて操舵トルクT0が対応する目標電流信号Imsに変換されて駆動制御手段19に提供される。

【0022】駆動制御手段19は目標電流信号Imsをオン信号とPWM（パルス幅変調）信号の混成した電動機制御電圧Vmに変換し、電動機制御電圧Vmで、例えばパワーFET（電界効果トランジスタ）で構成された電動機駆動手段16を駆動制御し、電動機駆動手段16を介して電動機電圧Vmを発生し、電動機11を駆動して適切な操舵補助力をステアリング系に作用させる。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】従来の電動パワーステアリング装置は、位相補償回路を抵抗、コンデンサおよび演算増幅器等の個別部品（ハード）で構成するため、部品のばらつき、環境条件、および経時変化等により、ゲインGおよび位相θの特性がばらついたり、変化したりして所望のステアリング性能が得られない場合がある。特に、FET（電界効果トランジスタ）で構成される可変抵抗Rfは、0（零）と∞（無限大）近傍では精度が良いが、中間近傍の抵抗値は精度が確保できない課題がある。

【0024】また、設計に際して部品のばらつきや経時変化を考慮すると、本来必要なゲインGおよび位相θ特性に充分余裕を持たせなければならず、低車速領域においてゲインGの低下を招いたり、高車速領域において位相θの遅れを招く場合が想定される。

【0025】さらに、電動機11によりステアリング系に作用する操舵補助力が操舵トルクセンサに帰還され、この帰還ループにより操舵回転数（周波数）が高い場合には発振を生じて音（磁歪音）が発生したり、制御系の信号にハンチング現象を生じる場合がある。

【0026】この発明はこのような課題を解決するためなされたもので、その目的は高精度で信頼性に優れ、最適な操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段にソフトウェアで構成したソフト位相補償手段を備えたことを特徴とする。

【0028】また、この発明に係る電動パワーステアリング装置のソフト位相補償手段は、車速センサが検出した信号に基づいて操舵トルクセンサが検出した操舵トルク信号のゲインおよび位相を変更する定数変更手段を備えたことを特徴とする。

【0029】

【作用】この発明に係る電動パワーステアリング装置

は、制御手段にソフトウェアで構成したソフト位相補償手段を備えたので、ばらつきや経時変化のない正確なゲインならびに位相特性を設定することができる。

【0030】また、この発明に係る電動パワーステアリング装置のソフト位相補償手段は、車速センサが検出した信号に基づいて操舵トルクセンサが検出した操舵トルク信号のゲインおよび位相を変更する定数変更手段を備えたので、車速に応じた正確なゲインならびに位相特性を設定することができる。

【0031】

【実施例】以下、この発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。図1はこの発明に係る電動パワーステアリング装置の全体ブロック構成図である。図6に示す従来の電動パワーステアリング装置1と同じ機能ブロックは同一符号で表す。図1において、電動パワーステアリング装置は、操舵トルクセンサ13、車速センサ14、制御手段20、電動機駆動手段16、電動機11を備える。

【0032】制御手段20はマイクロプロセッサおよびソフトプログラムを用いた各種演算機能、処理機能から構成し、ソフト位相補償手段21、目標電流設定手段18、駆動制御手段19を備え、位相補償手段17に代えて制御手段20内にソフト位相補償手段21を設けた点が図6の構成と異なる。

【0033】また、操舵トルクセンサ13および車速センサ14からのアナログの操舵トルク信号T、車速信号Vは図示しないA/D変換手段でデジタル値の操舵トルク信号T、車速信号Vに変換して制御手段20に供給する。

【0034】図2にこの発明に係る電動パワーステアリング装置のソフト位相補償手段の要部ブロック構成図を示す。図2において、ソフト位相補償手段21は、位相*

$$H_a(z) = \{(A1 + K1)z - A1\} / (z - 1 + K1)$$

$$H_b(z) = \{(A2 + K2)z - A2\} / (z - 1 + K2)$$

ただし、A1、K1、A2、K2は定数

【0041】定数変更手段23は、定数選定手段27、定数記憶手段28を備え、予め車速信号Vに対応した定数A1、K1、A2、K2のデータを記憶しておき、デジタル値の車速信号Vが供給されると対応する定数A1およびK1を遅れ位相補償演算手段25、定数A2およびK2を進み位相補償演算手段26にそれぞれ供給する。

【0042】図3に図2に対応したソフト位相補償手段のブロック線図を示す。図3から明らかなように、z領域で表された位相遅れ補償および位相進み補償の伝達関数 $H_a(z)$ と $H_b(z)$ はz演算子について同じ式で表され、定数A1およびK1、定数A2およびK2を選択することで、それぞれ位相遅れ補償、位相進み補償を構成することができる。

【0043】周波数領域変換手段24はz逆変換演算機

*補償演算手段22、定数変更手段23、周波数領域変換手段24を備え、z変換された遅れ位相補償および進み位相補償のサンプリング時間Tの離散的な伝達関数 $H_a(z)$ 、 $H_b(z)$ を演算し、この演算結果にデジタル値の操舵トルク信号Tを乗算してサンプリング時間Tに対するz領域の応答出力を算出し、この出力を周波数(f)領域に変換して位相補償が施された操舵トルク信号T₀を出力するよう構成する。

【0035】また、ソフト位相補償手段21は、デジタル値の車速信号Vに対応した定数A1、K1およびA2、K2を選定し、それぞれ遅れ位相補償および進み位相補償の特性を変更するよう制御する。

【0036】位相補償演算手段22は、遅れ位相補償演算手段25、進み位相補償演算手段26を備え、それぞれアナログの遅れ位相補償回路および進み位相補償回路に対応しz変換されたサンプリング時間Tの離散的な伝達関数 $H_a(z)$ 、 $H_b(z)$ を演算し、デジタル値の操舵トルク信号Tに伝達関数 $H_a(z)$ 、 $H_b(z)$ を乗算し、演算結果 $H_a(z) * H_b(z) * T$ を周波数領域変換手段24に供給する。

【0037】伝達関数 $H_a(z)$ 、 $H_b(z)$ の演算は、例えば数1のs領域で演算した伝達関数 $H_a(s)$ および $H_b(s)$ にs領域からz領域に変換するための数2で表される双1次変換を施して算出する。

【0038】

$$\text{【数2】 } s = 2(z-1) / \{T(z+1)\}$$

ただし、Tはサンプリング時間

【0039】数1に数2を代入して係数を整理すると、伝達関数 $H_a(z)$ 、 $H_b(z)$ は数3で表される。

【0040】

【数3】

能を備え、位相補償演算手段22から供給される演算結果 $H_a(z) * H_b(z) * T$ から周波数領域の操舵トルクT₀を演算し、位相補償された操舵トルク信号T₀を出力する。

【0044】図4にこの発明に係る電動パワーステアリング装置のソフト位相補償手段の位相(θ)/利得(G)特性図を示す。図4において、位相(θ)および利得(G)は、z領域の伝達関数の演算結果 $H_a(z) * H_b(z)$ をz逆変換し、車速信号V(高速: V_H、中速: V_M、低速: V_L)をパラメータとして周波数(f)領域(操舵回転数に対応)で表したものである。なお、パラメータ(高速: V_H、中速: V_M、低速: V_L)の特性は、定数変更手段23が選定する定数A1、K1、A2、K2に基づいてきめ細かく設定される。

【0045】通常の操舵領域である周波数1~10Hz

において、低車速領域 (V_L) には位相 θ の遅れはあるが、ゲイン G は高め (実際は減衰量が小さい) に設定する。一方、中車速領域 (V_M) や高車速領域 (V_H) にはゲイン G は低いが、位相 θ の遅れはないよう設定する。

【0046】また、操舵領域を外れた周波数 $20 \sim 50$ Hz の範囲では、ゲイン G を低下させ、特に、高車速領域 (V_H) のゲイン G を低車速領域 (V_L) および中車速領域 (V_M) に対して大幅に低下するよう設定する。

【0047】このように、周波数領域 $1 \sim 10$ Hz の通常操舵領域において、操舵から補助操舵力発生までの速い応答性が必要でなく、大きな操舵補助力が必要とされる低車速領域 (V_L) には、位相 θ の遅れがあっても大きなゲイン G を確保し、一方、大きな操舵補助力が必要でなく、補助操舵力発生速い応答が必要とされる高車速領域 (V_H) には、ゲイン G が小さくても位相 θ の遅れをなくするよう設定する。

【0048】また、周波数領域 $20 \sim 50$ Hz の操舵領域外において、寄生共振に起因する磁歪音やハンチング現象を防止するため、高車速領域 (V_H) のゲイン G を大幅に低下させるよう設定する。

【0049】なお、ソフト位相補償手段 21 はソフト演算で構成するため、ハードの個別部品に必然的に生じる部品のばらつきや経時変化はなく、基準クロックの精度を高めサンプリング時間 T を選定することで精度の良いデジタルフィルタを構成することができる。

【0050】また、部品のばらつきや経時変化を考慮してフィルタ特性に余裕を持たせる必要がないため、所望の位相補償特性を正確に設定することができる。

【0051】ソフト位相補償手段 21 は位相補償された操舵トルク信号 T_0 を図 1 の制御手段 20 の目標電流設定手段 18 に供給し、目標電流設定手段 18 は予め設定された図 8 に示す操舵トルク (T_0) - 目標電流

(I_{ms}) 特性図のデータに基づいて操舵トルク信号 T_0 を目標電流 I_{ms} に変換し、目標電流信号 I_{ms} を駆動制御手段 19 に提供する。

【0052】駆動制御手段 19 は、目標電流信号 I_{ms} を電圧信号に変換してオン信号、オフ信号および PWM 信号からなる電動機制御電圧 V_0 を電動機駆動手段 16 を構成する、例えば 4 個のパワー FET (電界効果トランジスタ) を備えたブリッジ回路に供給し、電動機制御電圧 V_0 に対応した電動機電圧 V_m で電動機 11 を駆動することにより、操舵トルク信号 T および車速信号 V に対応した操舵補助力をステアリング系に作用することができる。

【0053】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明に係る電動パワーステアリング装置は、制御手段にソフトウェアで構成したソフト位相補償手段を備え、演算によりばらつきや経時変化のない正確なゲインならびに位相特性を設定することができるので、位相補償された操舵トルク信

号に基づいて最適な操舵補助力を得ることができる。

【0054】また、この発明に係る電動パワーステアリング装置のソフト位相補償手段は、車速センサが検出した車速信号に基づいて操舵トルクセンサが検出した操舵トルク信号のゲインおよび位相を変更する定数変更手段を備え、車速に応じた所望の位相補償特性を正確に設定することができるので、車両の走行状態ならびに操舵状態にきめ細かく対応した操舵補助力を得ることができる。

【0055】なお、ソフト位相補償手段は、高車速領域 (V_H)、かつ操舵領域外の周波数領域におけるゲイン G を大幅に低下させるよう制御するので、寄生共振に起因する磁歪音やハンチング現象を防止することができる。

【0056】よって、高精度で信頼性に優れ、最適な操舵フィーリングが得られる電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明に係る電動パワーステアリング装置の全体ブロック構成図

【図 2】この発明に係る電動パワーステアリング装置のソフト位相補償手段の要部ブロック構成図

【図 3】図 2 に対応したソフト位相補償手段のブロック線図

【図 4】この発明に係る電動パワーステアリング装置のソフト位相補償手段の位相 (θ) / 利得 (G) 特性図

【図 5】従来の電動パワーステアリング装置の全体構成図

【図 6】従来の電動パワーステアリング装置の要部ブロック構成図

【図 7】従来の電動パワーステアリング装置の位相補償手段回路図

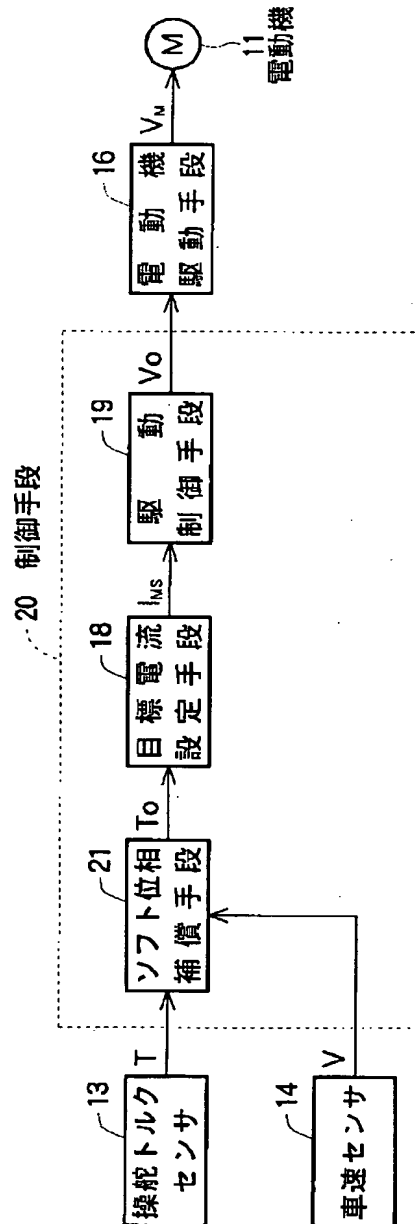
【図 8】操舵トルク (T_0) - 目標電流 (I_{ms}) 特性図

【符号の説明】

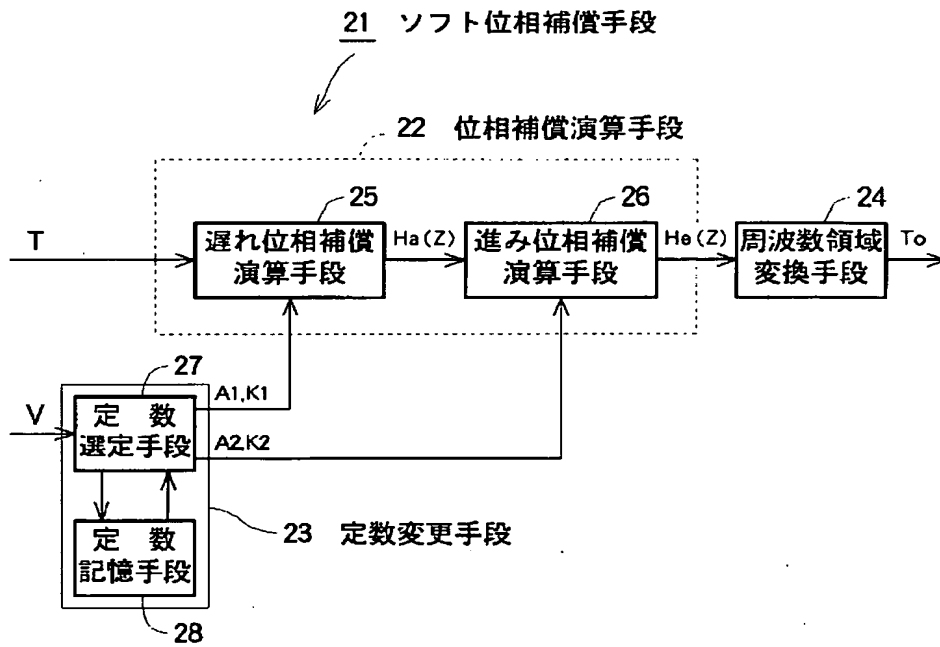
1...従来の電動パワーステアリング装置、2...ステアリングホイール、3...ステアリング軸、4...連結軸、4a、4b...自在継ぎ手、5...ステアリングギアボックス、6...ラック&ピニオン機構、6a...ピニオン、7...手動操舵力発生手段、8...ラック軸、8a...ラック歯、9...タイロッド、10...前輪、11...電動機、11a...駆動側ヘリカル・ギア、12...ボールねじ機構、12a...従動側ヘリカル・ギア、13...操舵トルクセンサ、14...車速センサ、15、20...制御手段、16...電動機駆動手段、17...相補償手段、17A...可変位相補償手段、18...目標電流設定手段、19...駆動制御手段、21...ソフト位相補償手段、22...位相補償演算手段、23...定数変更手段、24...周波数領域変換手段、25...遅れ位相補償演算手段、26...進み位相補償演算手段、27...定数選定手段、28...定数記憶手段、A1、A2、K1、K2...定数、 I_{ms} ...目標電流信号、Q1...F

ET (電界効果トランジスタ)、T、 T_0 …操舵トルク信号、 V_m …電動機電圧、 V_0 …電動機制御電圧、V、 V^* …車速信号。

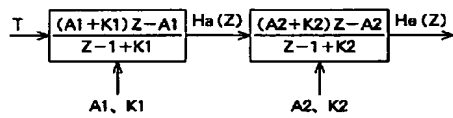
【図1】



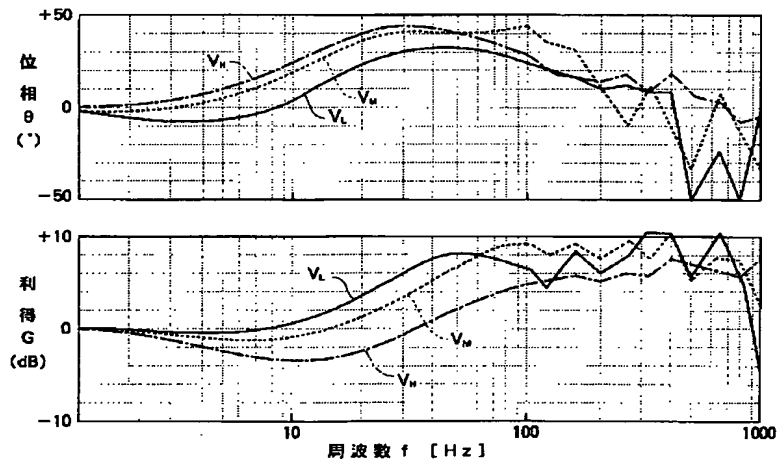
【図2】



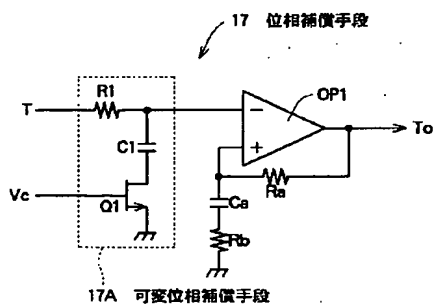
【図 3】



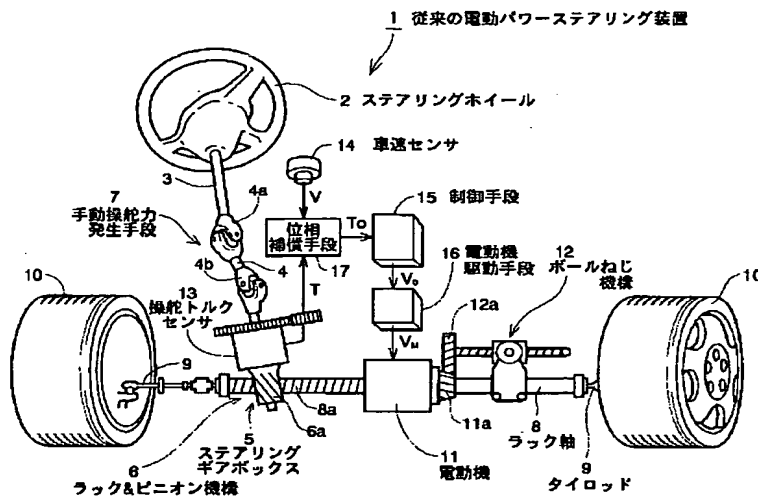
【図4】



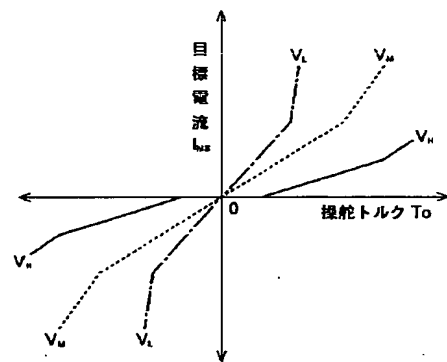
【图7】



【図5】



【図8】



【図6】

